

海蓬子不同部位氨基酸含量分析及营养评价

赵友谊,张丹玉,管福琴,王 鸣,冯 煦,单 宇*

(江苏省盐土生物资源研究重点实验室,江苏省中国科学院植物研究所,江苏南京 210014)

摘要:采用氨基酸自动分析仪对海蓬子不同部位氨基酸组成进行分析和比较,并对其营养价值进行评价。结果表明:海蓬子嫩茎、茎秆、根部位中均含有16种氨基酸,其中必需氨基酸8种,比例比较均衡。海蓬子嫩茎部位蛋白质含量最高,达到16.53%,必需氨基酸含量58.04mg/g、必需氨基酸与非必需氨基酸比值0.59、氨基酸比值系数分65.72,符合WHO/FAO的推荐标准。研究表明,海蓬子嫩茎具有较高的营养价值和良好的开发利用前景。

关键词:海蓬子,嫩茎,氨基酸,营养评价

Amino acids composition analysis and nutritional evaluation in different parts of *Salicornia bigelovii*

ZHAO You-yi, ZHANG Dan-yu, GUAN Fu-qin, WANG Ming, FENG Xu, SHAN Yu*

(Jiangsu Key Laboratory for Bioresources of Saline Soils, Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: The amino acid profiles of different parts of *Salicornia bigelovii* were determined using amino acid analyzer. The results showed that 16 common amino acids and 8 essential amino acids were found in the tender stems, stalks, and roots of *Salicornia bigelovii* in a balanced ratio, respectively. The protein content of tender stems was 16.53%, which was higher than other parts of *Salicornia bigelovii*. The essential amino acid content was 58.04mg/g, the ratio of essential amino acid content to non-essential amino acid was 0.59, and the SRC was 65.72, which were according with those recommended by FAO/WHO. The study showed that tender stems of *Salicornia bigelovii* had higher nutritional value with good prospects for the development and utilization.

Key words: *Salicornia bigelovii* Torr.; tender stem; amino acid; nutritional evaluation

中图分类号:TS201.4

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2014)18-0351-04

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2014.18.070

海蓬子属于藜科(Chenopodiaceae)盐角草属(*Salicornia*)植物,无叶,茎肉质化,抗盐能力强,俗称海芦笋、海虫草,主要有比吉洛氏海蓬子(*Salicornia bigelovii* Torr.)和欧洲海蓬子(*Salicornia europaea* L.)等^[1]。比吉洛氏海蓬子(又称北美海蓬子)原产美国西部海滨,为亚里桑那大学培育改良之品种,可用海水直接灌溉,现主要作为蔬菜和油料作物使用^[2-3],在我国沿海地区已经成功引种并种植^[4]。栽培海蓬子也可吸收与利用海水水产养殖池排污物的营养,构建生态湿地,为野生禽类提供食物和栖息地,有益于改良生态环境^[5-6]。

海蓬子富含多种营养成分和活性物质^[7-9],有学者针对其蛋白^[10]、皂苷^[11]、黄酮^[12-13]、多糖^[14]等成分开展提取和加工利用研究。除作为蔬菜之外,海蓬子还具有抗氧化^[15]、抗肿瘤^[16-17]、抗炎^[18]、免疫调节^[19]、降糖降血脂^[20]、抗菌^[21]等的药用和保健功能^[22],极具开发价值和广阔的市场前景。氨基酸作为海蓬子中的一类营养成分,其含量测定曾有报道^[8],但不同部位蛋白质和氨基酸还未见考察。因此,为了更有效的综合利用海蓬子资源,评价其药用和食用价值,本文首次对海蓬子不同部位中蛋白质和氨基酸的含量进行测定,同时采用氨基酸比值系数法对海蓬子中的氨基酸组成进行分析和评价,以期海蓬子作为药用和食用资源的开发利用提供一定的理论依据和科学基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

海蓬子 于2012年7月采自江苏盐城,江苏省中科院植物研究所袁昌齐研究员鉴定为*Salicornia*

收稿日期:2013-12-06 * 通讯联系人

作者简介:赵友谊(1960-),男,实验员,研究方向:天然产物提取与功能食品开发。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31100251);江苏省自然科学基金资助项目(BK20131338);江苏省盐土生物资源研究重点实验室开放课题(JKLBS2012009)。

bigelovii Torr., 凭证标本现存于江苏省中国科学院植物研究所药用植物研究开发中心, 采回后清洗。

GZX-9070MBE型数显鼓风干燥箱 上海博迅实业有限公司; 90型磁力搅拌器 上海沪西分析仪器有限公司; 电热恒温水浴锅 上海浦东荣丰科学仪器有限公司; BP 221S型电子天平 德国赛多利斯(Sartorius)公司; CyberScan510型台式pH计 新加坡优特(EUTECH)公司; A1225型凯氏定氮仪 德国贝尔(Behr)公司; L-8800型全自动高速氨基酸分析仪 日本日立(HITACHI)公司。

1.2 实验方法

1.2.1 水分测定 直接干燥法, 按GB/T 5009.3-2003食品中水分的测定方法测定^[23]。

1.2.2 粗蛋白的测定 微量凯氏定氮法, 按GB/T 5009.5-2003食品中蛋白质的测定方法测定^[23]。

1.2.3 样品制备 参照GB/T 5009.124-2003食品中氨基酸的测定^[23], 步骤根据实验做了适当调整。分别取海蓬子嫩茎、茎秆、根, 经80℃的恒温干燥箱干燥后, 粉碎, 过60目筛, 称取均匀性好的样品各0.5g, 置于水解管中, 加盐酸溶液(6mol/L) 10mL, 充入高纯氮气, 封口, 置于110℃的恒温干燥箱内水解。水解22h后, 取出冷却, 过滤水解液, 用去离子水定容至100mL。溶液经0.22μm滤膜过滤后装进样瓶, 氨基酸分析仪进行分析。

1.2.4 氨基酸测定条件 HITACHI L-8800全自动高速氨基酸分析仪, Windows NT操作系统, Na型阳离子交换柱(4.6mm×60mm, 3μm), 测定波长510nm, 分析时间为40min, 柠檬酸三钠缓冲液(pH2.2)流量0.4mL/min, 茚三酮流量0.35mL/min, 样品进样量为10μL。

2 结果与讨论

2.1 海蓬子不同部位蛋白质含量分析

利用微量凯氏定氮方法, 对海蓬子嫩茎、茎秆、根中的蛋白质含量进行测定。通过了解海蓬子不同部位中蛋白质含量的高低, 为判定其是否具备成为新蛋白资源的条件及各部位的营养价值。表1为凯氏定氮法测定采收季节(7月)海蓬子不同部位蛋白质含量。数据表明海蓬子嫩茎(干样)比其他部位具有较高的蛋白质含量, 可能具有更好的营养价值。

表1 海蓬子不同部位蛋白质含量
Table 1 Protein contents in different parts of *Salicornia bigelovii* (g/100g, n=3)

| 部位 | 样品 | 鲜样 | 干样 |
|----|----------|------------|------------|
| 嫩茎 | 水分含量(%) | 92.50±0.05 | 0 |
| | 蛋白质含量(%) | 1.24±0.03 | 16.53±0.02 |
| 茎秆 | 水分含量(%) | 80.5±0.05 | 0 |
| | 蛋白质含量(%) | 2.15±0.04 | 11.03±0.03 |
| 根 | 水分含量(%) | 23.64±0.03 | 0 |
| | 蛋白质含量(%) | 5.87±0.02 | 7.69±0.01 |

通过海蓬子嫩茎与其他食品中已开发蛋白质资源的蛋白质含量^[24]比较分析(所有样品均为绝干样

品)(表2), 海蓬子嫩茎比大豆、牛奶、花生蛋白含量低, 但比精面粉、全玉米蛋白质含量高。因此, 海蓬子嫩茎是一种蛋白质含量较高的植物, 具有作为新蛋白资源开发与利用的前景。

表2 海蓬子嫩茎和不同食品(干物质)中的蛋白质含量比较
Table 2 Comparisons of protein contents of *Salicornia bigelovii* stem and different foods

| 样品 | 纯牛奶 | 花生 | 大豆 | 精面粉 | 全玉米 | 海蓬子嫩茎 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 蛋白含量 | 27.00 | 27.00 | 41.00 | 12.00 | 11.00 | 16.53 |

2.2 海蓬子不同部位氨基酸组成分析

为初步评估海蓬子的营养价值, 对其蛋白质的氨基酸组成进行测定与分析, 进而明确其开发应用价值。应用氨基酸自动检测仪对海蓬子不同部位的氨基酸组成进行测定与分析(见图1, 表3), 并进一步与FAO/WHO的必需氨基酸比例推荐值进行比较(见表4、表5)。

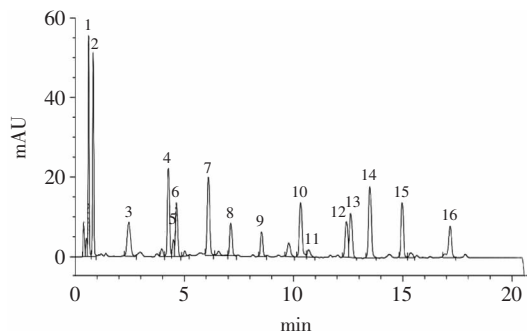


图1 海蓬子氨基酸组成分色谱图

Fig.1 Chromatogram of amino acid composition of *Salicornia bigelovii*

注: 1.天冬氨酸; 2.谷氨酸; 3.丝氨酸; 4.甘氨酸; 5.组氨酸; 6.苏氨酸; 7.丙氨酸; 8.精氨酸; 9.酪氨酸; 10.缬氨酸; 11.蛋氨酸; 12.苯丙氨酸; 13.异亮氨酸; 14.亮氨酸; 15.赖氨酸; 16.脯氨酸。

从表3可以看出, 海蓬子中氨基酸组成较为合理。海蓬子嫩茎、茎秆、根中均含有8种人体必需氨基酸, 包括成人必需的苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸和少儿成长必需的组氨酸, 必需氨基酸含量较高, 分别占氨基酸总量的37.12%、40.86%、41.42%(E/T)。海蓬子嫩茎、茎秆、根各部位还富含药效氨基酸, 包括天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、精氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸9种, 分别占氨基酸总量的59.22%、59.88%、46.05%(M/T), 说明其具有较高的营养和药用价值。其中谷氨酸含量最高, 作为药效氨基酸其主要用于治疗肝性昏迷, 还用于改善儿童智力发育。天冬氨酸含量次之, 其可改善心肌收缩功能, 降低氧消耗, 对心肌有保护作用, 还可增强肝脏功能, 消除疲劳。

海蓬子中不同部位的氨基酸总量和各氨基酸含量大都为: 嫩茎>茎秆>根; 只有组氨酸和酪氨酸除外, 它们的含量比较为: 嫩茎>根>茎秆。海蓬子嫩茎中谷氨酸、丙氨酸、天冬氨酸含量最高, 三者占氨基

表3 海蓬子不同部位的氨基酸组成与含量
Table 3 The amino acids composition and content in different parts of *Salicornia bigelovii*

| 氨基酸含量(mg/g) | 保留时间(min) | 嫩茎 | 茎秆 | 根 |
|--------------------|-----------|--------|-------|-------|
| 天冬氨酸(Asp)# | 0.605 | 17.58 | 7.96 | 5.10 |
| 谷氨酸(Glu)# | 0.782 | 31.19 | 17.83 | 7.22 |
| 丝氨酸(Ser) | 2.283 | 5.93 | 3.88 | 3.53 |
| 甘氨酸(Gly)# | 4.247 | 5.89 | 4.13 | 2.77 |
| 组氨酸(His)* | 4.469 | 11.10 | 7.13 | 7.67 |
| 苏氨酸(Thr)* | 4.617 | 5.53 | 3.99 | 2.45 |
| 丙氨酸(Ala) | 6.078 | 22.58 | 11.52 | 10.79 |
| 精氨酸(Arg)# | 7.113 | 6.80 | 4.39 | 2.63 |
| 酪氨酸(Tyr) | 8.507 | 4.77 | 3.23 | 4.23 |
| 缬氨酸(Val)* | 10.299 | 10.27 | 5.81 | 4.72 |
| 蛋氨酸(Met)** | 10.660 | 1.74 | 0.94 | 0.47 |
| 苯丙氨酸(Phe)** | 12.391 | 6.15 | 3.99 | 2.78 |
| 异亮氨酸(Ile)** | 12.592 | 6.06 | 4.54 | 2.10 |
| 亮氨酸(Leu)** | 13.469 | 10.00 | 7.40 | 3.33 |
| 赖氨酸(Lys)** | 14.936 | 7.20 | 3.54 | 2.22 |
| 脯氨酸(Pro) | 19.589 | 3.59 | 1.10 | 0.14 |
| 氨基酸总量T | | 156.37 | 91.38 | 62.17 |
| 必需氨基酸量E | | 58.04 | 37.34 | 25.75 |
| 非必需氨基酸量N | | 98.33 | 54.04 | 36.42 |
| 药效氨基酸M | | 92.60 | 54.72 | 28.63 |
| 鲜味氨基酸量F | | 48.77 | 25.79 | 12.32 |
| 必需氨基酸量/非必需氨基酸量E/N | | 0.59 | 0.69 | 0.70 |
| 必需氨基酸量/氨基酸总量E/T(%) | | 37.12 | 40.86 | 41.42 |
| 药效氨基酸/氨基酸总量M/T(%) | | 59.22 | 59.88 | 46.05 |
| 鲜味氨基酸量/氨基酸总量F/T(%) | | 31.19 | 28.22 | 19.82 |

注:*必需氨基酸;#药效氨基酸;鲜味氨基酸量=天冬氨酸+谷氨酸。

酸总量的45.63%。其中谷氨酸与天冬氨酸为鲜味氨基酸,丙氨酸是甜味氨基酸,这表明海蓬子嫩茎口感鲜美,是一种较好的海水蔬菜资源。

海蓬子在我国沿海各地均有引种^[25],虽然由于气候、土壤等条件发生了变化使其栽培条件和各营养成分的含量发生了一定的变化,但是其主要营养成分组成却没有变化^[26]。陈美珍等曾针对潮汕沿海海蓬子嫩茎的氨基酸进行分析,其成分与含量与表3数据基本吻合^[8]。各地区间栽培海蓬子所含氨基酸是否存在显著差异,尚有待进一步收集样品后分析比较。后续尚需对不同生长期的海蓬子进行营养评价,借此寻找更适栽培条件,以获得营养价值更高的产品。

海蓬子嫩茎中各种必需氨基酸占总氨基酸的质量分数及WHO/FAO推荐的标准模式值^[26]列于表4。由表4所知,海蓬子嫩茎中蛋氨酸+胱氨酸占总氨基酸的质量分数低于模式标准,苯丙氨酸+酪氨酸和缬氨

酸则高于模式标准,其他各种必需氨基酸与模式标准相近。这说明海蓬子嫩茎中人体必需氨基酸与WHO/FAO推荐的模式谱标准较为接近,有较高的营养价值。进一步采用氨基酸比值系数法对海蓬子嫩茎必需氨基酸进行分析,各种必需氨基酸的氨基酸比值(RAA)、氨基酸比值系数(RC)及比值系数分(SRC)见表5。结果表明海蓬子嫩茎氨基酸的比值系数分(SRC)为65.72。在各种必需氨基酸中,第一限制氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸。

表4 各种必需氨基酸与WHO/FAO推荐氨基酸模式谱比较
Table 4 Essential amino acids composition and evaluation of some edible proteins

| 种类 | Ile | Leu | Lys | Met+Cys | Phe+Tyr | Thr | Val |
|-------------|------|------|------|---------|---------|------|------|
| WHO/FAO标准模式 | 4.0 | 7.0 | 5.5 | 3.5 | 6.0 | 4.0 | 5.0 |
| 大米 | 4.0 | 6.3 | 2.3 | 2.8 | 7.2 | 2.5 | 3.8 |
| 牛奶 | 3.4 | 6.8 | 5.6 | 2.4 | 7.3 | 3.1 | 4.6 |
| 大豆 | 4.3 | 5.7 | 4.9 | 1.2 | 3.2 | 2.8 | 3.2 |
| 牛肉 | 4.4 | 6.8 | 7.2 | 3.2 | 6.2 | 3.6 | 4.6 |
| 海蓬子嫩茎 | 3.87 | 6.39 | 4.60 | 1.11 | 6.99 | 3.54 | 6.57 |

表5 海蓬子嫩茎中各种必需氨基酸的RAA、RC及SRC
Table 5 RAA, RC and SRC of essential amino acids in *Salicornia bigelovii* stem

| 氨基酸名称 | RAA | RC | SRC |
|---------|------|------|-------|
| Ile | 0.97 | 1.06 | |
| Leu | 0.91 | 1.00 | |
| Lys | 0.84 | 0.92 | |
| Met+Cys | 0.32 | 0.35 | 65.72 |
| Phe+Tyr | 1.17 | 1.27 | |
| Thr | 0.89 | 0.97 | |
| Val | 1.31 | 1.44 | |

3 结论

海蓬子富有蛋白质和多种氨基酸,其不同部位的蛋白质和氨基酸总量以及各氨基酸含量明显不同,多数情况下为嫩茎>茎秆>根,各部位中均富含丙氨酸和谷氨酸、天冬氨酸。总体而言,海蓬子嫩茎营养价值要优于茎秆和根,蛋白质含量达到16.53%。其所含氨基酸种类齐全,必需氨基酸含量占氨基酸总量的37.12%,必需氨基酸与非必需氨基酸含量的比值为0.59,氨基酸比值系数分为65.72,是一种优质的新蛋白质资源,具有很好的开发与利用前景。鉴于海蓬子嫩茎属无毒类蔬菜,食用安全,也可以利用它富含鲜味氨基酸的特性用于调味品或食品添加剂的生产。

参考文献

- [1] 吴征镒, Peter Raven. Flora of China[M]. 北京: 科学出版社, 2003(5): 354.
- [2] 洪立洲, 丁海荣, 杨智青, 等. 盐生植物海蓬子的研究进展及前景展望[J]. 江西农业学报, 2008, 20(7): 46-48.
- [3] 易金鑫, 马鸿翔, 张春银, 等. 新型绿色海水蔬菜海蓬子的

研究现状与展望[J]. 江苏农业科学, 2010(6):15-18.

[4] 刘冬玲, 陈焕淦. 海水蔬菜海蓬子在沿海滩涂的引种与开发利用[J]. 山东农业科学, 2009(8):114-115.

[5] 郑春芳, 陈琛, 彭益全, 等. 海水养殖废水灌溉对碱蓬和海蓬子生长和品质的影响[J]. 浙江农业学报, 2012, 24(4):663-669.

[6] 魏成金, 尹金来, 徐阳春. 不同氮磷水平对北美海蓬子生长和品质的影响[J]. 南京农业大学学报, 2006, 29(4):59-63.

[7] 刘晓峰, 冯煦, 王奇志, 等. 盐角草属植物化学成分和药理研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2012, 31(2):8-16.

[8] 陈美珍, 陈伟洲, 宋彩霞. 海蓬子营养成分分析与急性毒性评价[J]. 营养学报, 2010, 32(3):286-290.

[9] 夏郭平, 冯煦, 陈雨, 等. 北美盐角草(*Salicornia bigelovii* Torr.)化学成分的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(6):1012-1014.

[10] 任燕秋, 缪云雁, 扶庆权, 等. 响应曲面法优化海蓬子蛋白质的提取工艺研究[J]. 食品工业, 2012, 33(11):20-23.

[11] 师琪, 单宇, 管福琴, 等. 北美海蓬子总皂苷提取工艺研究[J]. 食品科技, 2013(4):248-251.

[12] 扶庆权, 陈昌云. 响应曲面法优化微波辅助提取海蓬子茎叶[J]. 南京晓庄学院学报, 2013(3):29-35.

[13] 扶庆权, 周峰, 华春, 等. 微波辅助提取海蓬子总黄酮工艺的响应曲面法优化[J]. 南京师大学报:自然科学版, 2013, 36(2):96-103.

[14] 陈伟洲, 宋彩霞, 陈美珍. 响应面法优化海蓬子多糖提取工艺的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(2):318-321.

[15] 王海婷, 单宇, 管福琴, 等. 北美海蓬子总黄酮的抗氧化性质研究[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(6):115-117, 121.

[16] 吴演, 杨瑞琦, 陈美珍. 海蓬子籽油亚油酸共轭化产物抗

肿瘤作用研究[J]. 食品科学, 2012, 33(23):318-322.

[17] Wang Q Z, Liu X F, Shan Y, et al. Two new nortriterpenoid saponins from *Salicornia bigelovii* Torr and their cytotoxic activity[J]. Fitoterapia, 2012, 83:742-749.

[18] Han E H, Kim J Y, Kim H G, et al. Inhibitory effect of 3-caffeoyl-4-dicaffeoylquinic acid from *Salicornia herbacea* against phorbol ester-induced cyclooxygenase-2 expression in macrophages[J]. Chem Biol Interact, 2010, 183:397-404.

[19] Im S A, Lee Y R, Lee Y H, et al. Synergistic activation of monocytes by polysaccharides isolated from *Salicornia herbacea* and interferon- γ [J]. J Ethnopharmacol, 2007, 111(2):365-370.

[20] Kong C S, Seo Y. Antidiabetic activity of isohammetin 3-O- β -D-glucopyranoside from *Salicornia herbacea* [J]. Immunopharmacol Immunotoxicol, 2012, 34(6):907-911.

[21] 许伟, 郭海滨, 邵荣, 等. 海蓬子总生物碱提取物的抑菌性能研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(7):170-172.

[22] 管福琴, 单宇, 赵友谊, 等. 海蓬子属植物药理活性及其作用机制研究进展[J]. 中国药理学通报, 2013, 29(9):1188-1191.

[23] 中华人民共和国国家标准. GB/T 5009.5-2003食品卫生检验方法 理化部分[S]. 北京:中国标准出版社, 2004:27-28.

[24] 侯曼玲. 食品分析[M]. 北京:化学工业出版社, 2004:122-124.

[25] 刘冬玲, 陈焕淦. 海水蔬菜海蓬子在沿海滩涂的引种与开发利用[J]. 山东农业科学, 2009(8):114-116.

[26] 张美霞, 刘兴宽. 北美海蓬子引种盐城滩涂后生长条件和营养组成比较[J]. 食品科技, 2007(5):104-106.

[27] 江志炜, 沈蓓英, 潘秋琴, 等. 蛋白质加工技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2003:81-83.

(上接第327页)

[2] 郑其良, 钱志伟. 斯托克斯(Stokes)定律在混浊型饮料中的应用[J]. 饮料工业, 1998, 1(1):24-26.

[3] R A Wilbey. HOMOGENIZATION OF MILK|Principles and mechanism of homogenization, Effects and assessment of efficiency: Valve homogenizers[M]/W.FUQUAY J[Z]. Pittsburgh: Academic Press, 2011:750-754.

[4] M Brack F Sedlmeyer, B Rademacher, U Kulozik. Effect of protein composition and homogenisation on the stability of acidified milk drinks[J]. International Dairy Journal, 2004(14):331-336.

[5] 韩红霞, 李世民. 饮料稳定性快速鉴定的几种方法[J]. 食品研究与开发, 1999, 20(6):58-59.

[6] 黄艾祥, 杨振生, 董文明. 营养燕麦乳的研制[J]. 食品科技, 2001(2):53-54.

[7] 郭晓娜, 张少兵, 张晖. 燕麦乳饮料制备工艺研究[J]. 粮食与油脂, 2011(7):44-46.

[8] 李建磊, 陆淳, 王东泽, 等. 燕麦谷物饮料的研制[J]. 食品科技, 2012, 37(3):178-186.

[9] 许朵霞, 王小亚, 尤嘉, 等. 蛋白质-多糖复合物对 β -胡萝卜素乳液的影响[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(4):9-13.

(上接第331页)

[9] 董梅, 陈泉, 吴立军, 等. 黄山药化学成分的研究(II)[J]. 中草药, 2001, 32(8):685.

[10] 杨顺丽, 刘锡葵. 栽培菊叶薯蓣中甾体皂苷成分[J]. 中草药, 2004, 35(11):1213-1215.

[11] 唐世蓉, 姜志东. 浙江山萮薹甾体皂甙的研究[J]. 植物学报, 1987, 29(2):193-196.

[12] 邓洁红, 黄甜, 庞月兰, 等. HP-20大孔吸附树脂分离纯化儿茶素EGCG的效果[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2010, 36(1):87-90.

[13] 龚志华, 谭兴和, 王锋, 等. HP-20大孔吸附树脂对刺葡萄皮色素纯化特性研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(2):145-148.